

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

TEPELNÁ CERPADLA PRO RODINNÝ DUM

DOMESTIC HEAT PUMPS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÍT LANČARIČ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ POSPÍŠIL, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Vít Lančarič

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Tepelná čerpadla pro rodinný dům

v anglickém jazyce:

Domestic heat pumps

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náplní práce je problematika uplatnění tepelných čerpadel v systému zásobování tepelnou energií obytných objektů.

Cíle bakalářské práce:

1. Představte princip tepelných čerpadel a jejich základní rozdělení.
2. Uveďte zdroje nízkopotenciálního tepla využívané tepelnými čerpadly.
3. Popište vybraný objekt, současný systém dodávky tepla.
4. Proveďte základní technicko-ekonomické zhodnocení použití tepelného čerpadla na vybraném objektu.

Seznam odborné literatury:


Brož: Alternativní zdroje energie; skriptum ČVUT
www.tzb-info.cz

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.


Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne





doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

Abstrakt

V tejto bakalárskej práci som sa venoval opisu princípu tepelných čerpadiel a ich rozdeleniu z hľadiska využívania nízkopotencionálneho tepla. Ďalej som si vybral konkrétny daný objekt (rodinný dom) na ktorom je inštalované tepelné čerpadlo, ktoré som zdokumentoval a porovnal jeho výhodnosť s iným riešením dodávok tepla pre rodinný dom.

In this thesis work, I devote to a description of the principle of heat pumps and their dividing in terms of use low-potencional's heat. Next, I chose the particular object (house) where is installed a heat pump, which I documented and compared his advantage with another solution for heat supply house.

Kľúčové slová: Tepelné čerpadlá, nízkopotencionálne teplo

Key words: Heat pumps, low-potencional's heat

Bibliografická citácia:

LANČARIČ, V. *Tepelná čerpadla pro rodinný dům*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 44 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D..

Prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu spracoval samostatne a použil som len pramene a zdroje uvedené v zozname použitej literatúry.

V Brne dne

Lančarič Vít

Pod'akovanie

Moja vd'aka patrí môjmu vedúcemu práce , doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D. za predovšetkým odbornú pomoc pri písaní tejto práce, ktoré boli pre mňa cenným prínosom .

Ďalej by som sa chcel poďakovať Ing. Antonovi Figúrovi, ktorý mi poskytol podstatné informácie o tepelnom čerpadle na Jeho dome.

Obsah

1. Predstavte princíp tepelných čerpadiel a ich základné rozdelenie	11
1.1 Úvod.....	11
1.2 Čo je to tepelné čerpadlo ?	12
1.2.1 Úspory emisií CO ₂	12
1.3 Princíp tepelného čerpadla	13
1.3.1 Technológia tepelných čerpadiel	13
A.) Transformácia tepelnej energie na vyššiu teplotnú úroveň.	13
B.) Ohrev i chladenie.....	13
1.4 Typy TČ	14
1.4.1 Parné kompresorové tepelné čerpadlá	14
A.) Výparník	14
B.) Kompresor	15
C.) Kondenzátor	15
D.) Škrtiaci ventil	16
1.4.2 Absorpčné tepelné čerpadlá	16-17
2. Uved'te zdroje nízkopotenciálneho tepla využívaného tepelnými čerpadlami.....	18
2.1 Nízkopotencionálne teplo.....	18
2.1.1 Zdroje nízkotepelnej energie	19
2.1.2 Druhy nízkopotencionálneho tepla	19
A.) Okolitý vzduch	19-20
B.) Odpadný vzduch (ventilačný vzduch)	20
C.) Podzemná voda (voda zo studne)	20-21
D.) Povrchová voda (rybník, rieka)	21
E.) Geotermálna voda	22
F.) Zemská kôra	22-24
G.) Slnecná energia	24-25
H.) Odpadné toky.....	25
3. Popíšte vybraný objekt, súčasný systém dodávky tepla.....	26
3.1 Energetická bilancia objektu	27
3.1.1 Normové vstupné údaje.....	27

3.1.2 Projektovaný tepelný príkon	28
3.2 Zdroj tepla	29
3.2.1 Primárny zdroj, primárny okruh.....	29
3.2.2 Tepelné čerpadlo	30
A.) Použitie.....	30
B.) Konštrukcia.....	31
C.) Technické parametre.....	32
3.2.3 Doplnkový zdroj	32
3.2.4 Strojovňa	33-36
4. Proved'te základní technicko-ekonomické zhodnocení použití tepelného čerpadla na vybraném objektu.....	37-38
4.1 Porovnanie s alternatívou	39
4.1.1 Plynový kotol	39
4.1.2 Tepelné čerpadlo voda – voda	40
4.2 Porovnanie nákladov.....	40
Záver	41
Zoznam použitých skratiek a symbolov	42
Zoznam použitej literatúry a doporučenej literatúry.....	43
Zoznam príloh	44

1. Predstavte princíp tepelných čerpadiel a ich základné rozdelenie.

1.1 Úvod

Píše sa rok 2011, ľudstvo prechádza obrovskými zmenami v každej možnej oblasti. Či už sú to hroziace takmer všade prítomné teroristické útoky, vrtochy počasia spojené s klimatickými zmenami našej planéty, ale aj finančné kolapsy svetových ekonomík v posledných rokoch. Každého z nás núti doba svižne reagovať na dané problémy. Potrebujeme kvalitné veci čo najlacnejšie (relatívne) od ktorých očakávame čo najväčší možný výkon. Tento podnet núti vedcov, konštruktérov, v skratke vynálezcov vytvárať nové kvalitné výrobky s čo najväčším výkonom (účinnosťou), najnižšou možnou cenou a ešte ,aby neznečisťovala ovzdušie „environment friendly“ .

Čo sa týka pohodlia domova alebo môžeme povedať teplo domova, už dávno nepostačuje mať tradičnú vykurovaciu jednotku (zväčša plynový kotol) ako to bolo v predošlých rokoch, keď sa ceny energie najmä plyn a elektrina pohybovali na relatívne nízkych úrovniach. Tieto ukazovatele prinútili rýchly vývoj nového druhu (spôsobu) získavania energie (v našom prípade tepla) do našich domácností. Sú to tepelné čerpadlá.

1.2 Čo je to tepelné čerpadlo ?

Tepelné čerpadlo (ďalej už len TČ) dnes už pomerne známy pojem. Môžeme ho charakterizovať ako alternatívny zdroj energie pre výrobu tepelnej energie k porovnaniu s klasickou výrobou pomocou spaľovania fosílnych palív. Technológia je stará takmer 100 rokov avšak rozšírenie tejto technológie začalo napredovať pred cca dvoma desiatkami rokov. TČ je zariadenie, ktoré využíva (obvykle pre nás) netradičné zdroje energie na vykurovanie či už väčších objektov alebo rodinných domov.

„Princíp ich funkcie je založený na termodynamickom obehu strojného chladiaceho zariadenia. Tepelné čerpadlá môžu za určitých podmienok dosiahnuť v porovnaní s klasickou konvenčnou výrobou tepelnej energie výrazné úspory primárnej energie - teda tepelnej energie obsiahnutej v chemickej forme vo fosílnych palivách a môžu byť najefektívnejšou formou zabezpečovania ohrievacích ale aj chladiacich procesov v priemysle ako aj v komunálnej sfére.“¹

Takzvaná popularita tepelných čerpadiel je v tom, že nevyužíva teplo zo spaľovaní palív, ktoré znečisťujú ovzdušie. Nepriamo môžeme hovoriť iba o spotrebe elektrickej energie na chod kompresoru požadovaného na získavanie tohto nízkopotencionálneho tepla.

1.2.1 Úspory emisií CO₂

TČ dosahuje veľké úspory hlavne čo sa týka primárnych fosílnych palív a tým pádom majú menší vplyv na zvyšovanie emisií CO₂. Takže TČ môžeme považovať za (momentálne) najekologickejšiu a zároveň efektívnu technológiu, ktorá menej ovplyvňuje životné prostredie.

Za predpokladu, že sú TČ poháňané energiou, ktorá bola vyrobená ekologickým spôsobom napr. vodná, jadrová, slnečná alebo veterná, tak môžeme povedať, že TČ žiadnym spôsobom nepôsobia negatívne na planétu – nezvyšujú emisie.

¹ Prof. Ing. Václav Havelský, CSc., ČO TREBA VEDIEŤ O TEPELNÝCH ČERPADLÁCH, SZ CHKT [online].2006.[cit.2011-21-05]. Dostupné z: http://szchkt.org/index.php?page=http://www.euroweb.sk/szchkt/tepelne_cerpadla/tepelne_cerpadla.htm

1.3 Princíp tepelného čerpadla

TČ môžeme chápať aj ako chladiace zariadenie (rovnaký princíp ako chladnička). Vďaka nadobudnutým znalostiam z termomechaniky vieme že okolie obsahuje určité teplo.

I. zákon termodynamiky

Energia sa nestráca ani nevzniká, ale jeden druh energie sa mení v iný.

Keďže uvažujeme tento fakt, vieme že teplo sa teda nachádza vo vode (či už podzemná alebo jazero či rieka), v zemi (geotermálna energia), v okolitom vzduchu. Čo môžeme charakterizovať ako východzie zdroje (nízkopotencionálne) pre naše TČ.

Na základe tejto skutočnosti odoberá TČ toto teplo a premieňa ho na požadované. Teda teplo sa na jednej strane odoberá a na druhej strane sa predáva. Vieme, že existujú rôzne zdroje pre TČ a tým sa rozdeľujú na rôzne typy. Avšak princíp funkcie je ten istý.

1.3.1 Technológia tepelných čerpadiel

Ako už bolo povedané, TČ pracujú na princípe termodynamického chladiaceho obehu, ktorý je realizovaný v dnešnej dobe najmä parným kompresorovým a menej známym absorpčným chladiacim obehom. V obidvoch prevedeniach je tepelná energia transformovaná do nízkotlakej časti obehu z okolitého prostredia a získava sa z vysokotlakej časti ako naše požadované teplo pre vykurovanie daného objektu alebo iné ohrievacie tepelné procesy.

A.) Transformácia tepelnej energie na vyššiu teplotnú úroveň

Pre aplikovanie tejto transformácie tepelnej energie z nižších hodnôt na vyššie je potreba do systému istotne dodať pohonnú energiu a to každopádne vo forme mechanickej alebo vysokoteplotnej tepelnej energie. Celkový úžitkový tepelný tok z kondenzátora zariadenia je potom súčtom nízkoteplotnej energie dodanej do výparníka a pohonnej energie zariadenia.

Účinnosť takejto transformácie závisí od pomeru množstva získanej nízkopotencionálnej energie k množstvu dodanej energie pre pohon zariadenia. Každopádne, hodnota nízkopotencionálnej energie závisí na okolitom prostredí a spôsobu ako bola získaná.

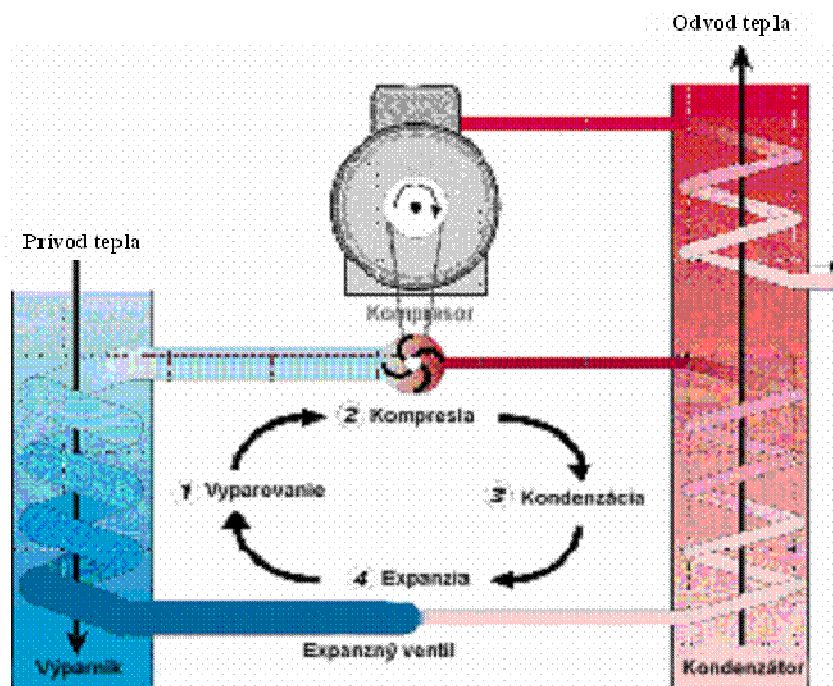
B.) Ohrev i chladenie

Tepelné čerpadlo alebo chladiace zariadenie je možné využiť pre ohrievacie a chladiace procesy striedavo (*najmä v aplikácii na teplovzdušné vykurovanie v zime a klimatizáciu v lete*), alebo aj súčasne, čo je energeticky efektívne ak rozdiely medzi potrebnými teplotami tepelných tokov do výparníka a z kondenzátora zariadenia nie sú príliš veľké.

1.4 Typy TČ:

1.4.1 Parné kompresorové tepelné čerpadlá

Najväčší podiel na trhu s TČ realizovaných v súčasnosti pracuje práve na princípe parného kompresorového chladiaceho obehu. Jeho hlavné komponenty všetky 4 sú vzájomne energeticky prepojené :



Obr.1 – Princíp parného kompresorového chladiaceho obehu [1]

Daný termodynamický dej (Obr.1 sa uskutočňuje pomocou pracovnej látky t.j. chladivo. Jeho vlastnosti ako bod varu a kondenzácie závislosti s tlakom musí odpovedať požadovaným teplotným kritériám daných tepelných tokov.

A.) Výparník

Môžeme ho označiť ako časť kde vstupuje naše nízkopotencionálne teplo vo forme vyššie uvedené. Následne privedené teplo vypôsobí vyparovanie chladiva v TČ. Pary chladiva sa stávajú nositeľom tepelnej energie, ktoré sú prenášané do kompresora.



Obr.2 – Výparník [2]

B.) Kompresor nasáva pary z výparníka, ktoré následne stlačuje na určitý tlak. Ten poháňa stlačený vzduch ďalej do kondenzátoru. Kompresor v TČ figuruje ako elektrické zariadenie spotrebúvajúce elektrickú energiu. Spotreba el. energie potrebná na stlačenie pary z chladiva nie je tak značná, a preto hovoríme aj o TČ ako o alternatívnom zdroji energie.



Obr.3 - Kompresor [3]

C.) Kondenzátor môžeme považovať ako výstupné zariadenie, ktoré nám predáva teplo. Stlačená para z kompresoru sa nám skondenzuje čím ohreje topnú vodu, ktorá ďalej prúdi v konkrétnom vykurovacom rozvodnom systéme.



Obr.4 - Kondenzátor [4]

D.) Škrtiaci ventil nazývaný aj ako expanzný ventil, je časť TČ, kde prechádza už chladivo, ktoré už predalo teplo v rozvodnom systéme. Pri prechode touto časťou sa chladivu zníži tlak čo má za následok pokles teploty. Môžeme hovoriť o spotrebovanom teple. Chladivo opäť vstupuje do výparníka, kde sa znova naberá teplo z okolia.



Obr.5 - Škrtiaci ventil [5]

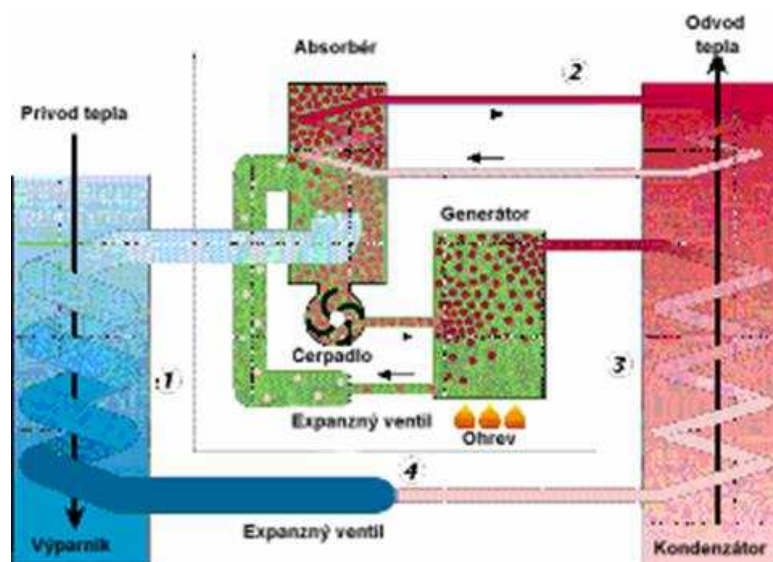
1.4.2 Absorpčné tepelné čerpadlá

Hlavné komponenty a ich energetické prepojenie tepelného čerpadla pracujúceho na princípe absorpčného chladiaceho obehu sú znázornené na obrázku 2. Pracovnou látkou obehu je dvojica látok - absorbent a chladivo (v súčasnosti sa používa pre tepelné čerpadlá väčšinou voda ako chladivo a lithium bromid ako absorbent). Pohonnou energiou takéhoto systému je vysokoteplotná tepelná energia dodávaná väčšinou pomocou vodnej pary, horúcej tlakovej vody alebo spaľovaním plynného paliva do generátora (vypudzovača) systému.

V generátore systému absorpčného tepelného čerpadla sa uvedená dvojica pracovných látok s výrazne rozdielnym bodom varu v závislosti od tlaku tepelnou cestou rozdeľuje, chladivo sa vypudzuje a prúdi do kondenzátora a výparníka, kde plní rovnakú funkciu ako v kompresorovom chladiacom obehú a absorbent prúdi cez expanzný ventil do absorbéra, kde sa zlučuje s parami chladiva z výparníku (je to chemická reakcia, pri ktorej vzniká teplo a preto treba absorbér chladiť - získavame teda navyše okrem tepelného toku z kondenzátora aj tepelný tok z absorbéra). Roztok chladiva a absorbenta sa v kvapalnom stave čerpá z absorbéra do generátora a tak dochádza k uzavretiu celého kontinuálneho absorpčného cyklu.

❖ Proces absorpcie s vypudzovaním bez kompresie

Na rozdiel od kompresorového obehu je teda v absorpčnom obehú proces kompresie pracovnej látky nahradený procesom absorpcie a vypudzovania tepelnou cestou, čím odpadá nutnosť použitia mechanickej pohonnej energie, ak neuvažujeme potrebu mechanickej pohonnej energie na čerpanie roztoku chladiva a absorbenta do generátora, na čo je potrebná najmä u veľkých zariadení len zanedbateľná časť pohonnej energie zariadenia.



Obr.6 – Princíp absorpčného obehu s vypudzovaním bez kompresie
[6]

V porovnaní s kompresorovými tepelnými čerpadlami dosahujú absorpčné zariadenia vyššiu energetickú efektívnosť najmä pri veľkých tepelných výkonoch a pri možnosti využitia generovaného tepelného toku nielen z kondenzátora ale aj z absorbéra. Výskum a vývoj absorpčných tepelných čerpadel z hľadiska zvyšovania ich energetickej aj ekonomickej efektívnosti je v poslednom období veľmi výrazný.

2. Uved'te zdroje nízkopotenciálního tepla využívaného tepelnými čerpadly.

2.1 Nízkopotencionálne teplo

je každé teplo, ktorého tepelného potenciál sa dá využiť so zmenou podmienok na teplo požadované.

2.1.1 Zdroje nízkoteplotnej energie

Parametre zdroja nízkoteplotnej energie pre výparník obehu tepelného čerpadla, najmä jeho teplotná úroveň, hmotnostný tok a dostupnosť podstatne ovplyvňujú energetickú aj ekonomickú efektívnosť systému tepelného čerpadla ako aj dosiahnuteľné množstvo (*kvantitu*) získanej tepelnej energie zo systému. V Tab.1 sú uvedené základné zdroje tepla pre výparník obehu s rozmedzím ich teplotnej úrovne v našich klimatických podmienkach (čiastočne prevzaté z [http:// www.heatpumpcentre.org](http://www.heatpumpcentre.org)).

Tab.1 [6]

<u>Zdroje</u> <u>nízkopotencionálního tepla</u>	Teplotné rozmedzie (°C)
Okolité vzduch	-10 až 35
Odpadný vzduch	15 až 25
Podzemná voda	4 až 10
Povrchová voda	0 až 20
Geotermálna voda	15 až 90
Zemská kôra	0 až 15
Slnečná energia	10 a viac
Odpadné toky	10 a viac

2.1.2 Druhy nízkopotencionálneho tepla

A.) Okolitý vzduch



Obr.7 – Využitie okolitého vzduchu [7]

Okolitý vzduch môžeme chápať ako výhodný zdroj nízkopotencionálneho tepla. Je všade dostupný. TČ využívajúce okolitý vzduch sa vyrábajú v troch prevedeniach:

a) Samostatná vonkajšia a vnútorná jednotka

Vonkajšia jednotka je umiestená v blízkosti vykurovaného objektu, či už na streche alebo na zemi. Prepojenie medzi vnútornou a vonkajšou jednotkou je sprostredkované pomocou izolovaného potrubia. Najviac tak do 10 m. Vnútorná jednotka je prepojená na topnú sústavu. Toto prevedenie je vhodné, keď chce užívateľ ušetriť priestor tak vonkajšom ako aj vo vnútornom priestore.

b) Kompaktné prevedenie vonkajšie

Celé prevedenie TČ je vo vonkajšom priestore. Prepojenie s vnútornou topnou sústavou sa prevádza taktiež izolovaným potrubím s topnou vodou. Veľká výhoda je nezaberajúci vnútorný priestor a nezaťažuje hlukom.

c) Kompaktné prevedenie vnútorné

Celé prevedenie TČ je vo vnútornom priestore. K čerpadlu je privádzaný vzduch sacím potrubím a ochladený vzduch je odvádzaný výfukovým. Treba dbať pri inštalácii tohto prevedenia, aby tieto dve potrubia boli dostatočne ďaleko od seba, aby nedochádzalo k zníženiu účinnosti. Výhodou tohto prevedenia je jeho cena ako prevedenia vonkajšieho avšak na úkor spotreby vnútorného priestoru.

Výhody

- TČ sa dá inštalovať v prakticky všetkých prípadoch a nie je až tak závislé na miestne podmienky (veľkosť pozemku a nemožnosť zhotovenia vrtov)

- Inštalácia nepožaduje žiadne zásahy do okolitého prostredia ako sú vrty alebo rôzne výkopové práce
- Aj keď je vyššia obstarávacía cena, nie sú vyžadované žiadne ďalšie náklady (výkopové práce, vrty, atď.). Teda v porovnaní s ostatnými typmi TČ. je to tá najlacnejšia varianta.

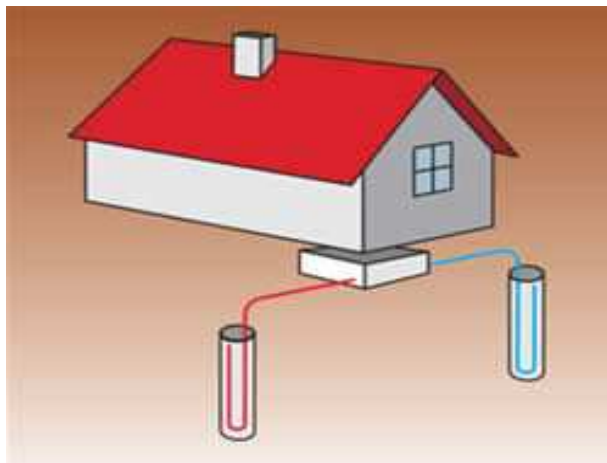
Nevýhody

- Možný hluk s vonkajšej jednotky môže v niektorých prípadoch spôsobovať problémy.
- Strata výkonu spojená s poklesom teploty vzduchu. A to najvýraznejšie ako u ostatných typov TČ. Tým narastá elektrická energia čím sa zvyšujú náklady.

B.) Odpadný vzduch (ventilačný vzduch)

Je veľmi výhodným zdrojom tepelnej energie pre tepelné čerpadlá v obytných budovách najmä z hľadiska relatívne vysokej teplotnej úrovne bez teplotných fluktuácií. Pre veľké budovy je výhodné použiť tepelné čerpadlá s odpadným vzduchom v kombinácii s výmenníkmi tepla vzduch-vzduch pre znovuzískanie tepelnej energie. Nevýhodou tohto zdroja tepla je jeho limitované dostupné množstvo, čo potom obmedzuje aj veľkosť dosiahnuteľného tepelného výkonu tepelného čerpadla. Takéto riešenia sú vhodné pre nízkoenergetické domy

C.) Podzemná voda (voda zo studne)



TČ. využíva ako nízkopotencionálne teplo vodu zo studne. Je potreba, aby tento zdroj bol celoročne k dispozícii a to vždy v plnej a požadovanej miere pre naše TČ. Preto musí byť aj overené dlhodobou čerpacou skúškou. Je potrebné dve studne a to sáciu odkiaľ sa čerpá voda na využitie tepla. Sprostredkované teplo ďalej

Obr.8 – Využitie podzemnej vody [8]

prúdi do vsakovacej studne. Je to dôležité z toho dôvodu, aby nedochádzalo presakovaniu tepla a tým znižovaniu výkonu TČ. Taktiež je dôležitá kvalita vody (jej zloženie) kvôli zanášaniam na výparníku. Teplota studne musí byť dostatočne vysoká, aby po ochladení nedochádzalo k jej premrzaniu.

Výhody

- Nižšie začiatkové náklady s porovnaním s vrtmi

Nevýhody

- Požiadavky na kvalitu a dostatočné množstvo vody a teplotu vody.
- Pravidelná údržba (čistenie filtrov) a je náchylná na poruchy napr. sacieho čerpadla .

D.) Povrchová voda (rybník, rieka)

Povrchová voda jazier, tokov a pod. je z hľadiska dostupnosti a investičnej náročnosti pre jej získanie výhodným zdrojom tepelnej energie, ale hlavnou nevýhodou je jej nízka teplotná úroveň počas zimných mesiacov, čo môže zapríčiniť jej zamrznutie vo výparníku systému. Preto je jej použitie obmedzené do

Obr.9 – Využitie povrchovej vody [9]

teplotnej úrovne cca 6 až 7°C. Pri využívaní tepla z riek alebo rybníka sa obvykle dáva na dno kolektor vytvorený z plastových trubiek. Týmto trúbkami prúdi prenosové nemrznúce médium. V niektorých prípadoch je možné odčerpávať vodu a následne ochladenú ju ďalej vypúšťať späť do rieky či jazera. Možným problémom je ale jej znečistenie a taktiež poplatky za odber vody, čo už nepríde ako výhodný alternatívny zdroj.

Výhody

- Nižšie začiatkové náklady v porovnaní s vrtmi.

Nevýhody

- Obmedzenie na lokalitu s dostatkom povrchovej vody.

E.) Geotermálna voda

Geotermálna voda o teplotnej úrovni 15 až 90 °C je energeticky veľmi výhodným zdrojom pre tepelné čerpadlá, základnou nevýhodou sú veľmi vysoké investičné náklady na jej získanie (*vrty do hĺbky až niekoľko km*), vysoký stupeň korozívnosti a jej dostupnosť len v mieste výskytu. Výhodným riešením môže byť využitie geotermálnej vody o vysokej teplote najprv na získanie tepla priamo vo výmenníkoch tepla voda–voda a potom pri jej ochladení na 15 až 25 °C ako zdroj tepla pre tepelné čerpadlá (*takáto inštalácia je efektívne prevádzkovaná na zabezpečenie tepelných potrieb nemocnice a sídliska v Galante*).

Výhody

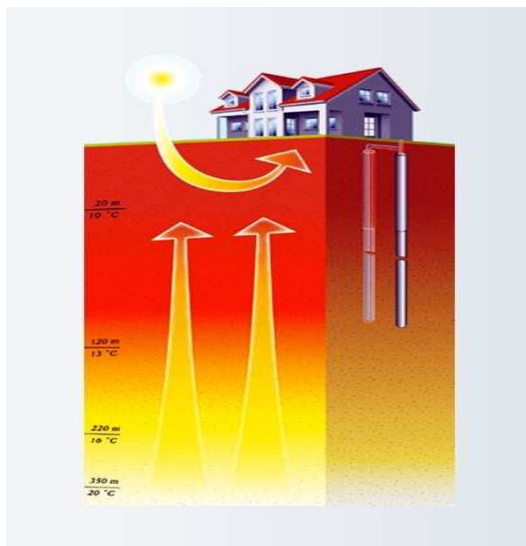
- Vysoká efektivita daná teplotnou úrovňou zdroja.

Nevýhody

- Vysoké inštalačné náklady a použiteľnosť iba v mieste výskytu zdroja.

F.) Zemská kôra

a.) Hlbinné vrty



Tepelná energia obsiahnutá v zemskej kôre vzhľadom na jej vysokú teplotnú úroveň (*teplota pôdy v hĺbke 10 metrov dosahuje približne priemernú ročnú teplotu vzduchu*) a minimálnu fluktuáciu počas roka je z energetického hľadiska vysoko efektívna pre využitie TČ. k odberu tepla. Do vrtu je umiestená plastová trubka v ktorej prúdi nemrznúca kvapalina

čo je naše prenosové

Obr.10 – Využitie hlbinných vrtov [10]

médium. Pre tepelné čerpadlo o výkone 10 kW je treba približne 120-180 m hlbokých vrtov. Bežná hĺbka vrtov býva približne 150 m. Vrtvy musia byť umiestené minimálne 10 m od seba.

Výhody

- nejlepší možný typ tepelného čerpadla
- po celý rok stabilná teplota vrtu a tým stály výkon, čo udržuje prevádzkové náklady na rovnakej úrovni. Spotreba el. energie sa tým nemení, lebo nie je ovplyvnená vonkajšou teplotou vďaka hĺbke vrtu.

Nevýhody

- Oproti iným typom sú veľmi vysoké začiatkové náklady.
- Neustálym ochladzovaním vrtu dochádza k jeho postupnému premrzaniu čo dlhodobo znižuje výkon tepelného čerpadla.
- Neodporúča sa robiť vrty v miestach častých otrasov zeme. Pretože môže dôjsť k porušeniu vrtu a tým i jeho prenosu.
- Neporiadok s hotovovaním vrtov

b.) Zemný plošný kolektor



TČ. využíva teplo z pôdy z hĺbky približne 1 m. Zemný kolektor je rozmiestnený na určitej ploche napr. záhrade. Teplo je prenášané nemrznúcou kvapalinou do TČ. Inštalácia zemného kolektoru vyžaduje relatívne veľký zásah do okolitého

Obr.11 – Využitie zemného plošného kolektoru [11]

prostredia kvôli požiadavku veľkej plochy. Pre tepelné čerpadlo o výkone 10 kW je potreba približne 250-350 m² plochy z pozemku. Výhodnejšie sú pôdy s väčším obsahom množstva vody.

Výhody

- Nižšie inštalačné náklady s porovnaním s vrty.

- Relatívne stály výkon počas celého roka.

Nevýhody

- Nutnosť dostatočne veľkého pozemku pre zemné kolektory.
- Na ploche zemného kolektoru nie je možné stavať.
- Neustálym ochladzovaním zemného kolektoru dochádza v zimných mesiacoch k jeho premŕzaniu a tým k znižovaniu výkonu.
- V zimných mesiacoch dochádza k premrznutiu plochy nad zemným kolektorom.

G.) Slnecná energia



Obr.12 – Využitie slnečnej energie [12]

Slnecná energia premenená na tepelnú energiu pomocou slnečných kolektorov je z energetického hľadiska veľmi výhodným zdrojom pre tepelné čerpadlá, teplotnú úroveň tohto zdroja je možné plne prispôbiť požiadavkám užívateľa (je daná druhom a kvalitou slnečného kolektora). Základnou nevýhodou okrem pomerne vysokých nákladov inštalácie je sezónny charakter tohto zdroja (v našich klimatických podmienkach sa v zimnom

období vyskytují periody bez slunečního svitu běžně až v délce 10 dní), čo vyžaduje používať alternatívne systémy výroby tepla alebo systémy s veľkými akumulátormi tepla, čo okrem vysokej finančnej náročnosti prináša aj ďalšie priestorové a iné problémy.

H.) Odpadné toky

Odpadné energetické toky vo forme hmotnostných tokov tekutín (*plynov a kvapalín*) z technologických (*napríklad tepelné odpady z potravinárskeho a energetického priemyslu*) aj iných tepelných procesov (*napríklad domové odpady, kanalizácia a iné*) sú vzhľadom na ich vo všeobecnosti vysokú teplotnú úroveň bez teplotných fluktuácií z energetického hľadiska veľmi výhodným zdrojom energie pre veľké priemyselné tepelné čerpadlá. Nevýhodou je nutnosť ich využitia v mieste výskytu, kde často chýba požiadavka potreby výroby ďalšej tepelnej energie.

❖ Odpadové teplo

Pri tomto zdroji sú dve možnosti, a to napojenie čerpadla na rekuperačnú jednotku pri nízkoenergetických a pasívnych domoch alebo využitie iného odpadového tepla, napríklad z priemyselnej výroby, tepla odobratého pri chladení (napríklad vína, syrov a podobne).

3. Popište vybraný objekt, současný systém dodávky tepla.

Vybraným objektem je vila situovaná na podloží s dostatkem podzemnej vody. Takže zdrojom pre naše tepelné čerpadlo bude podzemná voda. Po ochladení bude voda vypúšťaná naspäť do podłożia. TČ bude slúžiť na vykurovanie objektu, na prípravu TÚV, na chladienie kapilárnymi rohožami. Nasledujúce informácie boli zdokumentované v danej projektovej správe pri výstavbe objektu.



Obr.13 – Tepelné čerpadlo je inštalované na rodinnom dome

3.1 Energetická bilancia objektu

3.1.1 Normové vstupné údaje

Pri výpočtoch energetickej bilancie bolo uvažované s nasledovnými údajmi:

- Vonkajšia výpočtová teplota $t_e = -14\text{ °C}$
- Vonkajšia priemerná ročná teplota $t_{m,e} = 8,1\text{ °C}$
- Priemerná vonkajšia teplota počas vyk. Obdobia $t_{e,pr} = 3,6\text{ °C}$
- Dĺžka vykurovacieho obdobia $n = 216\text{ dní}$

Pre lepšiu ukážku energetickej náročnosti objektu som priložil tabuľku tab.2, kde sú znázornené všetky miestnosti objektu a ich celková plocha a objem na vykurovanie a potrebná vnútorná teplota.

Klimatické údaje				
Opis		Symbol	Jednotka	Hodnota
Vonkajšia výpočtová teplota		t _e	°C	-14,00
Ročná priemerná teplota vzduchu		t _{m,e}	°C	8,1
Súčinitele pre expozíciu e _k a e _l				
Orientácia				Hodnota
				za jedn.
Všetky				1,00
Údaje o vykurovaných miestnostiach				
Číslo miestn.	Názov miestnosti	Vnútorná výpočtová teplota	Plocha miestnosti	Vnútorný objem
		t _{int,i} °C	A _i m ²	V _i m ³
02	Vstupná hala	18	13,00	36,40
04	Host'ovská izba	22	18,90	52,92
05	Sociálne zariadenie	24	4,80	14,64
06	Sociálne zariadenie	22	2,90	8,85
07	Kotolňa, práčovňa	15	21,10	82,01
08	Hala	22	37,02	182,04
09	Kuchyňa a jedáleň	22	27,60	90,53
11	Obývací izba	22	49,50	159,89
12	Knižnica, herňa	22	22,60	63,28
13	Zimná záhrada	22	35,60	216,47
21	Pavlač	22	21,10	56,97
23	Izba	22	16,40	42,64
24A	Šatník	18	6,30	16,38
24B	Šatník	18	6,30	16,38
25	Sociálne zariadenie	24	6,30	17,94
26	Izba	22	13,80	38,64
27	Izba	22	13,80	38,64
28	Spálňa	22	12,20	32,94
29	Šatník	18	6,60	31,58
30	Sociálne zariadenie	24	13,40	32,16
31	Galéria-zimná záhrada	22	5,60	11,31
Spolu			355.42	1242.60

Tab.2 – klimatické údaje o danom objekte

3.1.2 Projektovaný tepelný príkon

Číslo miestn.	Názov miestnosti	Projektovaná tepelná strata prechodom tepla	Projektovaná tepelná strata vetraním	Projektovaná tepelná strata	Tepelný príkon na kúrenie	Celkový tepelný príkon
		$\Phi_{T,I}$ [W]	$\Phi_{V,I}$ [W]	[W]	$\Phi_{RH,I}$ [W]	$\Phi_{HL,I}$ [W]
02	Vstupná hala	481,00	198,00	679,00	78,00	757,00
04	Hosťovská izba	686,00	324,00	1010,00	113,00	1123,00
05	Sociálne zariadenie	316,00	189,00	505,00	29,00	534,00
06	Sociálne zariadenie	57,00	54,00	111,00	17,00	128,00
07	Kotolňa, práčovňa	345,00	404,00	749,00	0,00	749,00
08	Hala	771,00	1114,00	1885,00	0,00	1885,00
09	Kuchyňa a jedáleň	995,00	554,00	1549,00	166,00	1715,00
11	Obývací izba	805,00	978,00	1783,00	297,00	2080,00
12	Knižnica, herňa	827,00	327,00	1214,00	136,00	1350,00
13	Zimná záhrada	4382,00	1325,00	5707,00	0,00	5707,00
21	Pavlač	631,00	349,00	980,00	127,00	1107,00
23	Izba	730,00	261,00	991,00	98,00	1089,00
24A	Šatník	-100,00	89,00	-11,00	38,00	27,00
24B	Šatník	-25,00	89,00	64,00	38,00	102,00
25	Sociálne zariadenie	268,00	116,00	384,00	41,00	425,00
26	Izba	391,00	237,00	628,00	83,00	711,00
27	Izba	528,00	710,00	1238,00	83,00	1321,00
28	Spálňa	294,00	202,00	496,00	73,00	569,00
29	Šatník	31,00	172,00	203,00	40,00	243,00
30	Sociálne zariadenie	603,00	415,00	1018,00	80,00	1098,00
31	Galéria-zimná záhrada	53,00	69,00	122,00	34,00	156,00
Spolu za objekt		13069,00	8236,00	21305,00	1571,00	22876,00

Tab.3 – tepelné straty a potrebné príkony na vykúrenie.

V Tab.3 môžeme vidieť jednotlivú energetickú náročnosť z hľadiska rôznych typov tepelných strát a následne celkový potrebný príkon na vykurovanie celého objektu.

Projektovaný tepelný príkon objektu bol vypočítaný podľa platnej STN EN 12831

- Projektovaná tepelná strata prechodom tepla $Q_{T,I} = 13,069 \text{ kW}$
- Projektovaná tepelná strata vetraním $Q_{V,I} = 8,236 \text{ kW}$
- Tepelný výkon na zakúrenie $Q_{R,I} = 1,571 \text{ kW}$
- Celkový tepelný príkon objektu $Q_{HL,I} = 22,876 \text{ kW}$

Teoretická ročná spotreba tepla objektu na vykurovanie:

$$Q_{r,vyk,1} = \frac{24.3600.0,8.22876.216.(20-3,6)}{20-(-14)} = 164,74 \text{ GJ.r}^{-1} = 45,76 \text{ MWh. r}^{-1}$$

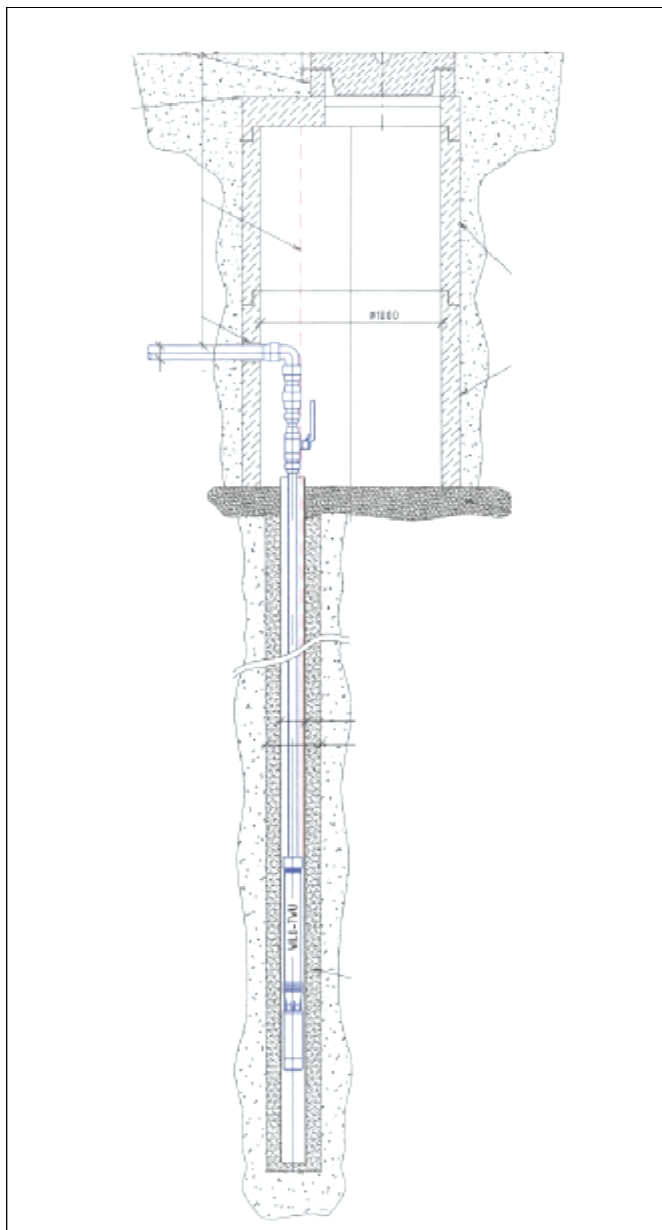
3.2 Zdroj tepla

3.2.1 Primárny zdroj, primárny okruh

Primárnym zdrojom ako už bolo uvedené je podzemná voda. Pre zabezpečenie chladiaceho výkonu čerpadla je potrebný trvalý prietok podzemnej vody $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ($1,25 \text{ l/s}$). Výpočtový teplotný spád primárnej vody je $11/7 \text{ }^\circ\text{C}$. Primárna voda bude čerpaná z čerpaceho vrtu, ktorá bude prúdiť cez výmenník. Výmenník bude potrebné podľa potreby približne dvakrát ročne čistiť preplachom.

Po prechode cez výparník TČ. bude ochladená voda zasakovaná naspäť do podlažia cez vsakovací vrt. Vsakovací vrt – potreba vsakovacej schopnosti $1,25 \text{ l/s}$.

Na mieste čerpaceho vrtu bude vybudovaná vstupná šachta. Vo vrte bude osadené čerpadlo do vrtu Wilo-TWU 4-0812 ($75,0 \text{ kPa}$ pri $1,25 \text{ l/s}$, $1\sim 230 \text{ V}$, $15,5 \text{ A}$, $2,2 \text{ kW}$). Z čerpadla bude vedené prírodné potrubie do priestoru strojovne TČ. Prírodné potrubie v exteriéri bude z plastu, vnútorné rozvody primárneho okruhu budú z plastu.



Obr.13 Rez čerpaceho vrtu [14]

3.2.2 Tepelné čerpadlo

Stručný popis použitého vykurovacieho zariadenia

Na základe výpočtu inštalovaného tepelného príkonu a požiadaviek investora na vykurovací systém bolo zvolené **TEPELNÉ ČERPADLO G-TERM DS 5023**. Tepelné čerpadlo má nasledovné parametre:

• Tepelné výkon W10/W55	22,8kW
• Elektrický príkon W10/W55	7,0kW
• Chladiaci výkon W10/W55	15,8kW
• Použité chladivo	R407C
• Hmotnosť	136kg

Pokrytie energetických potrieb objektu bude zabezpečené časovým riadením s prednostným ohrevom TUV.



Obr.14 TČ 1

A.) Použitie

Tepelné čerpadlo rady DS 5023 je konštruované na vykurovanie menších až stredne veľkých objektov a taktiež k ohrevu úžitkovej vody. TČ. je napojené na primárny zdroj tepelnej energie. Týmto primárnym zdrojom je napr. zem (zemný plošný kolektor alebo hlbinné vrty) alebo čerpaná podzemná voda (systém dvoch studní), čo je aj v našom prípade.

B.) Konštrukcia

Prístroje tohto typu sa skladajú z **tepelného čerpadla, obehového čerpadla a expanznej nádoby topného okruhu a mikroprocesorového regulátoru.**



Obr.15 TČ 2

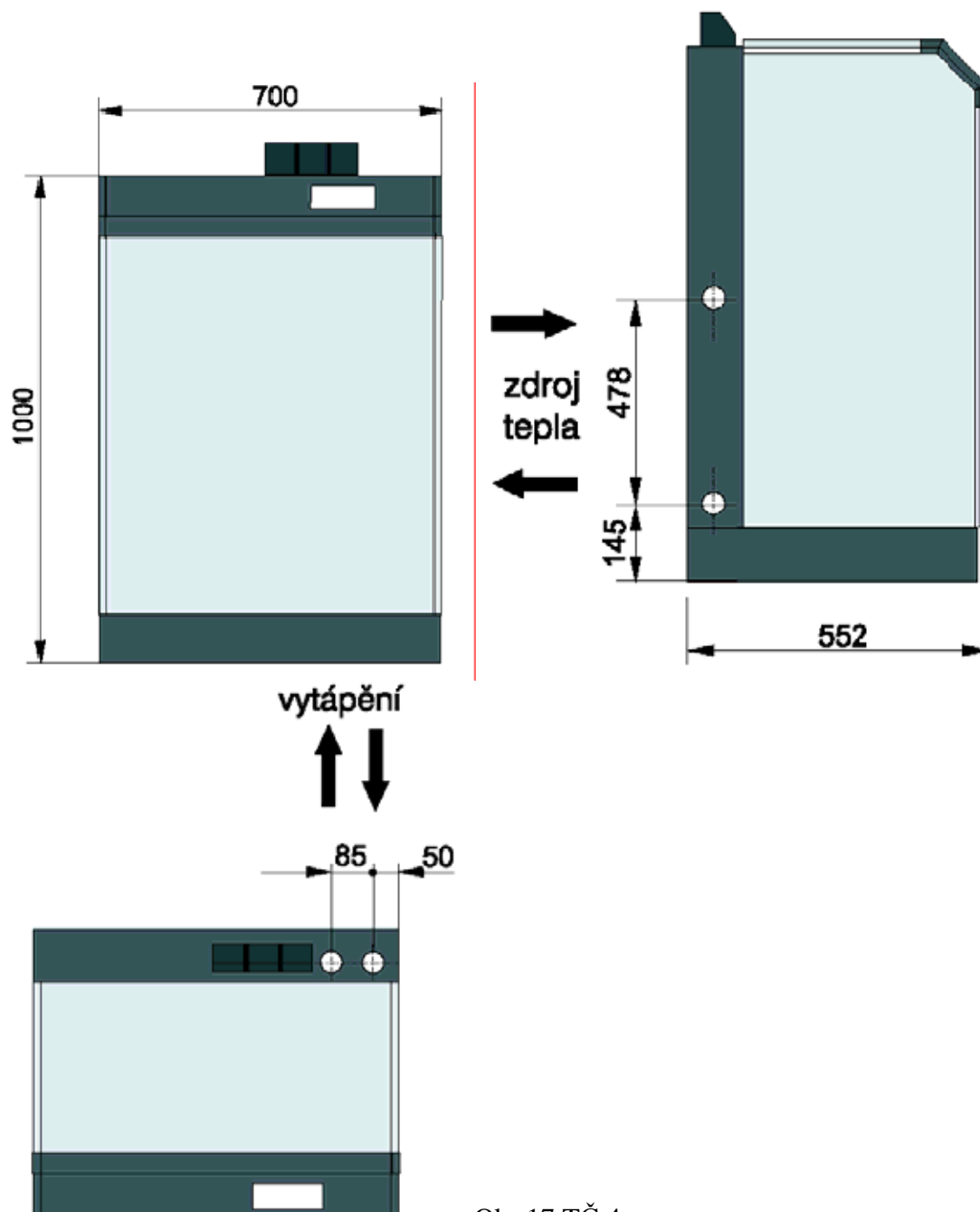


Obr.16 TČ 3

Celé zariadenie je umiestnené v rámu tvaru L z ocelového, povrchovo upraveného plechu. Všetky diely krytu sú protihlukovo izolované a ľahko odstrániteľné. Hydraulické pripojenie topného systému sú umiestnené v zadnej časti rámu smerom hore. Napojenie tepelného čerpadla na primárny zdroj je umiestnený na ľavej strane rámu pri pohľade spredu.

Kompresor TČ vrátane výmenníkov chladiaceho okruhu je pružne uložený na ocelovom nosnom ráme. Všetky potrubia sú osadené pružnými spojmi, ktoré zamedzujú prenosu chvenia. TČ je vybavené hermetickým kompresorom. Výmenníky tepla (výparník a kondenzátor) sú doskové z nerezovej ocele. Hladina vonkajšieho hluku a tepelná izolácia s veľkou rezervou vyhovujú najprísnejším európskym normám.

C.) Technické parametre



Obr.17 TČ 4

3.2.3 Doplnkový zdroj

Súčasťou TČ je aj doplnkový elektrokotol s tepelným výkonom 3x2kW. Celkový tepelný výkon zdroja tepla teda je 28,8 kW. Doplnkový elektrokotol bude pripájaný až pri poklese vonkajšej teploty pod cca -9,0 °C.

3.2.4 Strojovňa

Strojovňa TČ je situovaná v samostatnej miestnosti č.07. TČ DS 5023.3 bude slúžiť na výrobu tepla pre vykurovanie, prípravu TÚV a chladenie kapilárnymi rohožami. Primárna voda bude ochladená na predradenom doskovom tepelnom výmenníku Reflex longterm rhc60-50. Sekundárna strana výmenníka bude pripojená na výparník TČ. Teplonosným médiom vo vzniknutom medziokruhu bude 25%-ná zmes vody a etylénglykolu s výpočtovým teplotným spádom 5/9°C. Medziokruh slúži ako ochrana výparníka tepelného čerpadla pred ochladením a pred zanášaním primárnou vodou. Cirkuláciu v medziokruhu zabezpečí obehové čerpadlo G – TERM GHN 402AR, ot.2, 400V, 45m³/h-64,5kPa. Výstup z kondenzátora TČ bude zaústený do akumuláčnej nádoby Reflex Recon 400/6. Táto nádoba bude slúžiť na ochranu TČ pred prehriatím a pre hydraulické oddelenie okruhov.

Na primárnom okruhu bude pred predradeným doskovým výmenníkom zapojený ďalší doskový tepelný výmenník Reflex longterm rhc40-40 pre pripojenie vetvy prirodzeného chladenia (10,2kW, 16/20°C) . Prepínanie medzi režimom chladenia a vykurovania v primárnom okruhu zabezpečí 3-cestný prepínací ventil ESBE 3G50 s pohonom rady 60.

Príprava TÚV bude prednostným spôsobom cez doskový výmenník Reflex longterm rhc60-60 vždy nominálnym výkonom TČ. Prepínanie medzi režimom vykurovania a prípravy TÚV bude taktiež pomocou ďalšieho 3 – cestného prepínacieho ventilu ESBE 3G 50 s pohonom rady 60. Prepínací ventil bude osadený na prívodnom potrubí sekundárnej strany TČ. Nabíjanie TÚV v doskovom výmenníku zabezpečí nabíjacie čerpadlo Wilo-Top Z 30/7, ot.2, m=4,4m³/h, p=25,0kPa, 230V.

Obeh vykurovacej vody na sekundárnej strane TČ zabezpečí obehové čerpadlo zabudované v TČ Wilo-Top-S 25/7 ot.max, pč=41,8kPa, m=4,4m³/h, 230V.

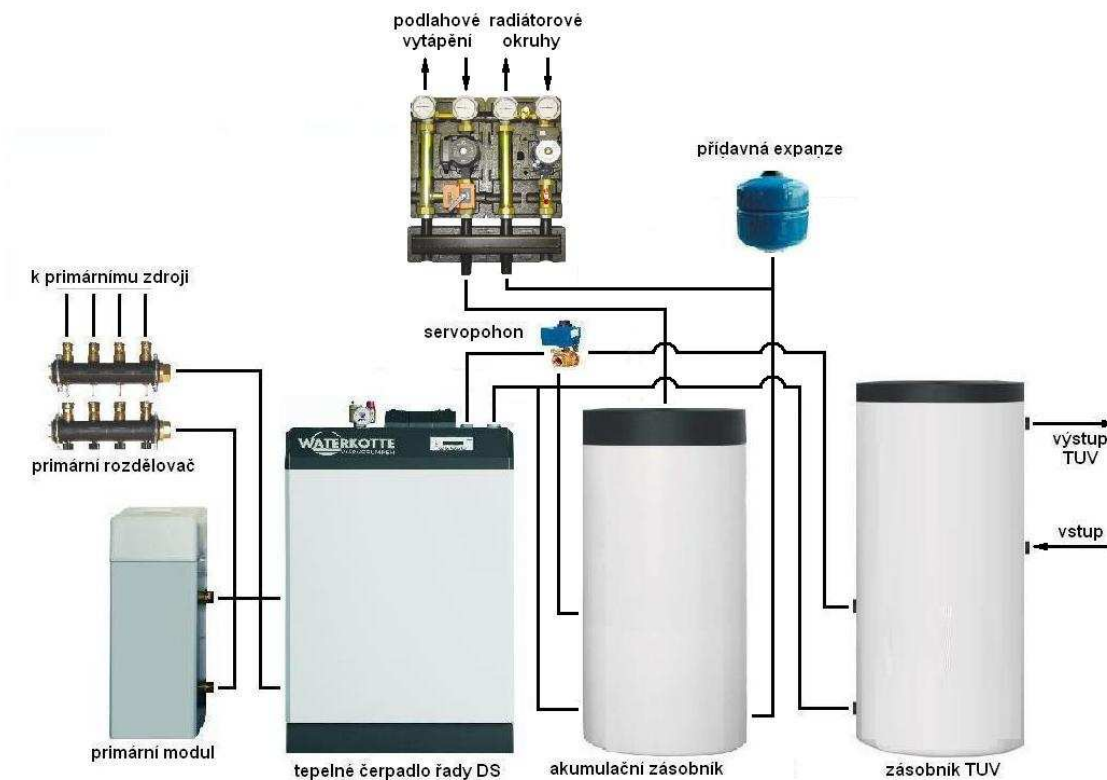
Rozdelenie tepelného výkonu pre potreby jednotlivých vetiev (sekundár) bude na rozdeľovači Meibes pre 3 vykurovacie okruhy nasledovne:

(fotka, možno)

Vetva 1: Teplovodné podlahové vykurovanie $Q = 15,129 \text{ kW}$, výpočtový teplotný spád 45/35°C, čerpadlová skupina Meibes MK1“(zmiešavací okruh), s obehovým čerpadlom Wilo-Star-E 25/1-5, m=1,31m³/h, 230V, 3-cestný zmiešavací ventil Siemens VXB489R25-4A + pohon, kv=4-

Vetva 2: Vykurovacie telesá $Q=4813\text{W}$, výpočtový teplotný spád 55/40°C. Avšak táto vetva nie je zapojená. Bola vyhodnotená ako nepotrebná, kvôli efektívnejším kapilárnym rohožiam. Táto vetva bola robená z dôvodu ak by náhodou ostatné vykurovacie vetvy ako sú vetva 1 (teplovodné podlahové vykurovanie) a vetva 3 (systém kapilárnych rohoží) neboli dostatočné pre sprostredkovanie domáceho komfortu.

Vetva 3: Vetva kapilárnych rohoží, výpočtový teplotný spád 55/50°C (primárna strana doskového výmenníka), čerpadlová skupina Meibes UK 5/4“ (nezmiešavací okruh), s obehovým čerpadlom Wilo-Star- RS 30/6, $m=2,37\text{m}^3/\text{h}$, $p_{\text{č}}=22,7\text{kPa}$, ot.max, 230V. Kapilárne rohože sú od sekundárnych okruhov oddelené doskovým výmenníkom Reflex longtherm rhc40-30 (13,6kW). Prepínanie medzi režimom vykurovania a chladenia bude cez 3-cestný prepínací ventil ESBE 3MG32 s pohonom rady60. Regulácia nábehovej teploty do systému bude cez 3-cestný zmiešavací ventil ESBE 3MG25-8, 1“ s pohonom. Obeh vykurovacieho média resp. chladiaceho média zabezpečí obehové čerpadlo Wilo-Top-Z40, 230V (ot. II, $m=2,97\text{m}^3/\text{h}$, $p_{\text{č}}=48,7\text{kPa}$. vykurovanie, ot.II, $m=2,20\text{m}^3/\text{h}$, $p_{\text{č}}=49,9\text{kPa}$ – chladenie) . Prebytočný tlak od obehového čerpadla, na strane kapilárnych rohoží , zoškrtia regulačné armatúry Herz Stromax MW. Pre zoškrtie prebytočného tlaku obehových čerpadiel boli navrhnuté regulačné a uzatváracie ventily Herz Stromax M resp. MW. Pre ochranu obehových čerpadiel a doskových výmenníkov pred usadzovaním kalov boli navrhnuté závitové filtre HERZ so sitkom 0,4 mm resp. jemný filter Honeywell . Uzatváranie jednotlivých častí a zariadení systému bude plnoprietočnými guľovými kohútmi. Vypúšťanie systému resp. jeho jednotlivých častí a zariadení bude cez vypúšťacie guľové kohúty. V miestach, kde je to potrebné bude meraná teplota a tlak teplotného média. Odvzdušnenie jednotlivých častí systému bude automatickými odvzdušňovacími ventilmi Flamco Flexvent 1/2“, Flamco Flexvent H1/2“resp. Flamco Flexvent Super 1/2“ . Dopĺňovanie vody do systému bude automatické cez súpravu armatúr Reflex Filcontrol FC. Dopĺňovanie bude z rozvodu studenej vody (odporúčame použiť zmäkčovací filter Reflex Fillsoft I).



Obr.18 Strojovňa stručný náčrt

- **Zabezpečovacie zariadenia**

Vyrovnanie teplotnej rozdielnosti vykurovacieho média sekundárneho okruhu zabezpečia membránové expanzné nádoby.

- **Skúšky zariadenia**

Zmontované zariadenie je potrebné pred funkčnými skúškami a spustením do prevádzky prečistiť a prepláchnuť za účelom odstránenia kalu a iných nečistôt. Počas preplachovania je potrebné regulačné ventily úplne otvoriť. Nastavenie ventilov sa prevedie až po prepláchnutí a konečnom spustení zariadenia.

Preplach previesť prúdom vody v trvaní cca. 15 min. Po preplachu sa odkalia najnižšie časti vykurovacej sústavy a celý vykurovací systém sa znova napustí. Odmastenie sústavy sa nepožaduje.

Zariadenie sa pred uvedením do prevádzky preskúša. Tlaková skúška zariadenia sa vykoná maximálnym pretlakom 0,27 MPa. Po napustení zariadenia a dosiahnutí skúšobného pretlaku bude vykonaná prehliadka všetkých spojov, u ktorých by sa mohli prejaviť viditeľné netesnosti. Skúšobný pretlak bude udržiavaný v zariadení počas 6 hodín. Po uplynutí tohto času bude vykonaná nová prehliadka. Ak sa pri tejto prehliadke neobjavia viditeľné netesnosti, považuje sa skúška tesnosti za úspešnú. Výsledok skúšky sa zapíše do stavebného denníka.

Po úspešne vykonanej skúške tesnosti budú vykonané prevádzkové skúšky zariadenia – dilatačná a vykurovací skúška.

Dilatačná skúška bude vykonaná pred vyhotovením tepelných izolácii. Pri tejto skúške sa vykurovacia voda ohreje na najvyššiu teplotu (pre sekundárny okruh 55°C) a nechá sa vychladnúť na teplotu okolia. Tento postup sa zopakuje a po vychladnutí sa vykoná prehliadka zariadenia s cieľom zistenia netesností prípadne iných zavad'. Ak sa hliadkou zistia závady je nutné po ich odstránení skúšku zopakovať. Skúšku tesnosti je možné vykonať v každej ročnej dobe.

Vykurovacia skúška sa vykonáva za účelom overenia funkcií a nastavení zariadenia.

Kontroluje sa najmä:

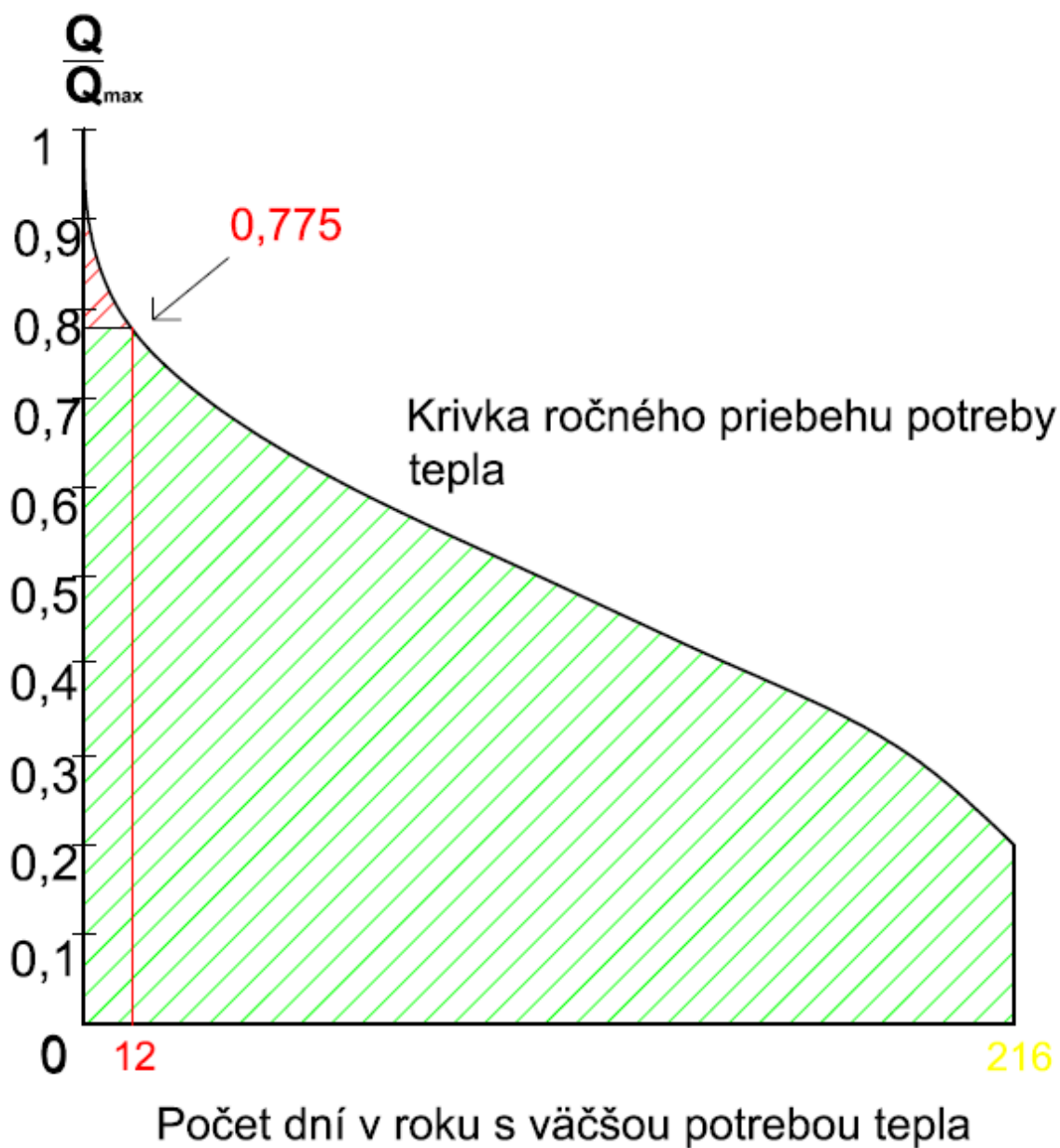
- Správna funkcia armatúr
- Dosiahnutie technických parametrov projektu (teploty, tlaku, rozdiely teplôt...)
- Výkon a výkonový rozsah zdrojov tepla
- Výkon zdroja tepla pri príprave PWH odberovej špičke

Vykurovacia skúška bude trvať 72 hodín bez dlhších prevádzkových prestávok (spravidla spolu do 1 hodiny). Počas trvania skúšky budú dodržané normálne prevádzkové podmienky zariadenia. Vykurovacia skúška môže byť vykonaná len počas vykurovacieho obdobia.

- **Prevádzka**

Prevádzka vykurovacieho zariadenia je s ohľadom na veľkosť a vybavenie kotolne stanovená ako kotolňa s poloautomatickým režimom s občasnou obsluhou. Prakticky je potrebné dbať na pravidelnú kontrolu a čistenie filtrov, ako i občasné sledovanie tlaku vody vo vykurovacej sústave. V prevádzke je ďalej potrebné pravidelne kontrolovať zabezpečovacie zariadenia vykurovacej sústavy (predovšetkým funkčnosť poistných ventilov).

4. Proved'te základní technicko-ekonomické zhodnocení použití tepelného čerpadla na vybraném objektu.



Graf č.2 – průběh roční potřeby tepla

Z grafu č.2 je vidět kolik dní v roce je nutné používat elektrokotel t.j. 12 dní.

Tab.3 – vstupné hodnoty do grafu č.2

deň	t_e	Q	Q/Q_{\max}
0	-18,0	12426,00	1,000
1	-14,2	11233,13	0,904
8	-10,1	9983,02	0,803
28	-6,0	8687,60	0,699
62	-2,0	7446,22	0,599
106	2,0	6206,98	0,500
151	5,9	4987,99	0,401
192	10,0	3732,94	0,300
216	13,0	2795,85	0,225

4.1 Porovnanie s alternatívou

4.1.1 Plynový kotol

Pri celkovej maximálnej strate tepla $Q_{\max} = 22,876 \text{ kW}$ tj. $164,74 \text{ GJ}$ si môžeme spočítať celkovú spotrebu plynu v m^3 .

- **Teoretická spotreba tepla pri nepretržovanom vykurovaní**

$$U_d = \frac{Q_{r, \text{vyk.1}}}{H_u \cdot \eta} = \frac{1,6474 \cdot 10^{11}}{33,4 \cdot 10^6 \cdot 1,09 \cdot 0,98 \cdot 0,98} = 4712 \text{ m}^3 / \text{rok}$$

- **Spotreba zemného plynu na prípravu TÚV**

Výpočet je vykonaný podľa STN 06 0320.

Dané hodnoty: tepelný príkon pre prípravu TÚV na os. a deň: $q_c = 3,5 \text{ kWh/os.deň}$
 predpokladaný počet osôb: $i = 4 \text{ osoby}$
 predpokladaná doba prevádzky počas roka: $n = 365 \text{ dní}$

Spotreba tepla na prípravu TÚV na deň:

$$Q_d = i \cdot q_c = 4 \cdot 3,50 = 14,0 \text{ kWh / deň}$$

Spotreba tepla na prípravu TÚV za rok:

$$Q_{\text{rok}} = n \cdot Q_d = 365 \cdot 14,0 = 5110 \text{ kWh / rok} = 1,84 \cdot 10^7 \text{ kJ / rok}$$

Ročná spotreba zemného plynu na prípravu TÚV:

účinnosť kotla a zásobníkového ohrievača: $\eta_K = 0,95$

$$U_{\text{tšv}} = \frac{Q_{\text{rok}}}{H_u \cdot \eta_K} = \frac{1,84 \cdot 10^{10} \text{ J / rok}}{33,4 \cdot 10^6 \text{ J / m}^3 \cdot 0,95} = 580 \text{ m}^3 / \text{rok}$$

Celková ročná spotreba ZP na vykurovanie a prípravu TÚV je **5291 m³/rok.**

Pri celkovej teoretickej spotrebe plynu 5291 m^3 si vypočítame podľa *prepočítavacej kalkulačky* [13], sme si vypočítali 55546 kWh pri mesačnej splátke s aktuálnymi cenami za plyn **206 eur t.j. 2466 eur ročne.**

4.1.2 Tepelné čerpadlo voda – voda

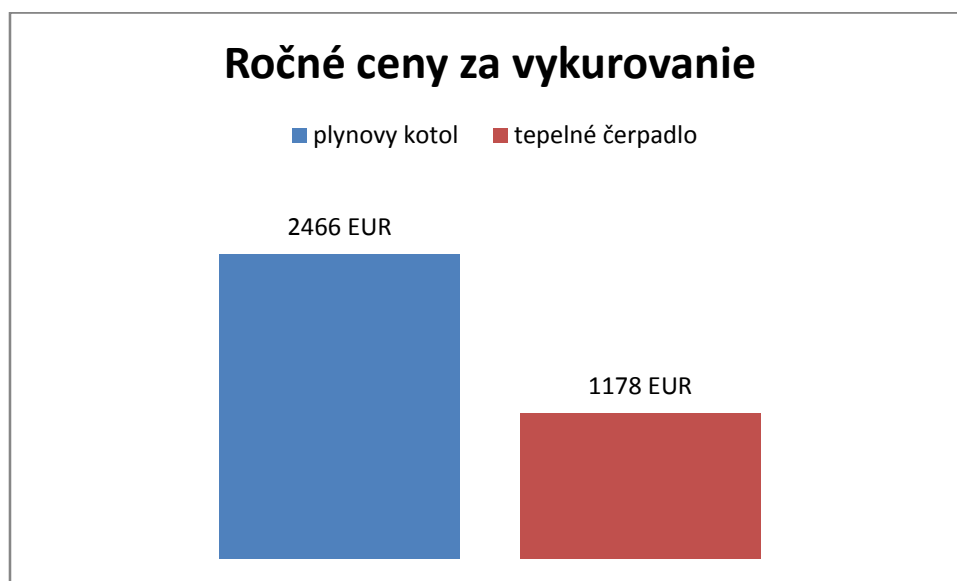
Naše TČ ktoré je predmetom bakalárskeho projektu malo udávanú spotrebu elektrickej energie za rok **9 053 kWh**. Pri celkových kalkulácií nákladov za elektrickú energiu pri tarife DD5 t.j. 0,112166 EUR/kWh a pri základnej splátke 13,524 sme vypočítali :

$$9\,053[kWh] \cdot 0,112166 [EUR/kWh] + (13,524[EUR] \cdot 12[mesiacov]) = \\ = 1015,44[EUR] + 162,29[EUR] = 1177,73 EUR za rok$$

4.2 Porovnanie nákladov

Na základe aktuálne platných cien energií za zemný plyn a elektrickú energiu pre rok 2011 sme vypočítali:

- a.) **Plynový kotol** cca 2466 EUR / ročne
- b.) **Tepelné čerpadlo voda-voda** cca 1178 EUR / ročne



Graf č.3

Ročná úspora pri použití TČ je cca **1288 EUR** oproti plynovému kotlu.

Záver

Ako už bolo spomenuté skôr, TČ je predovšetkým alternatívnym zdrojom energie. Jednotlivé typy týchto zariadení nám ponúkajú rôzne využitia voľne dostupnej energie z okolia. Avšak neznalý investor by si mal dopredu zhodnotiť do akej lokality inštaluje svoje TČ. Je dôležité posúdiť danú lokalitu z hľadiska polohy, celkovej ročnej teploty, dostupnosti zdrojov ako je voda alebo dostatočná plocha, ale aj finančná otázka. V konečnom dôsledku sa môže investícia do TČ predražiť natolko, že nebude predstavovať lacnejší zdroj pre vykurovanie.

V našom prípade bolo TČ (voda zo studne – voda) správne vybrané pre danú lokalitu s dostatočne vhodnými podmienkami (dostupnosť podzemnej vody v malých hĺbkach) . Dokazujú to výpočty na grafoch a porovnaniach oproti alternatíve - plynového kotla.

Veľmi pozitívnou informáciou je, že keď vykurujete TČ, tak dostanete nižšiu tarifu, pretože oficiálne vykurujete elektrickou energiou a tá sa počíta aj na ostatné spotrebiče v dome.

Do porovnávacích výsledkov som nedával inštalačné náklady či TČ alebo plynového kotla. Je jasné, že počiatočné náklady na TČ sú vyššie, ale čo by som chcel vyzdvihnúť je to, aby si každý staviteľ (investor) dobre zvážil všetky fakty i možnosti. Či podstúpi radšej počiatočný vyšší vklad na TČ alebo si vyberie plynový kotol, ktorý sa môže zdať výhodnejší. Veľmi by som podotkol, akokoľvek žijeme v pre-technizovanej spoločnosti a nároky na energiu sa budú neustále zvyšovať, preferoval by som TČ z pohľadu rastu cien energii hlavne čo sa týka cien za zemný plyn.

Zoznam použitých skratiek a symbolov

Symbol	Jednotka	Význam symbolu
t_e	$^{\circ}\text{C}$	Vonkajšia výpočtová teplota
$t_{m,e}$	$^{\circ}\text{C}$	Vonkajšia priemerná ročná teplota
$t_{e,pr}$	$^{\circ}\text{C}$	Priemerná vonkajšia teplota počas vyk. Obdobia
n	deň	Dĺžka vykurovacieho obdobia
e_k	-	Súčiniteľ pre expozíciu
e_i	-	Súčiniteľ pre expozíciu
$t_{int,i}$	$^{\circ}\text{C}$	Vnútna výpočtová teplota
A_j	m^2	Plocha miestnosti
V_i	m^3	Vnútny objem
$\Phi_{T,I}$	[W]	Projektovaná tepelná strata prechodom tepla
$\Phi_{V,I}$	[W]	Projektovaná tepelná strata vetraním
$\Phi_{RH,I}$	[W]	Tepelný príkon na kúrenie
$\Phi_{HL,I}$	[W]	Celkový tepelný príkon
$Q_{T,I}$	[W]	Projektovaná tepelná strata prechodom tepla
$Q_{V,I}$	[W]	Projektovaná tepelná strata vetraním
$Q_{R,I}$	[W]	Tepelný výkon na zakúrenie
$Q_{HL,I}$	[W]	Celkový tepelný príkon objektu
$Q_{r,vyk,I}$	$[\text{MW} \cdot \text{r}^{-1}]$	Teoretická ročná spotreba tepla objektu na vykurovanie
Q	m^3/h (l/s)	Prietok vody
p	[pa]	Tlak
$P_{\check{c}}$	[pa]	Tlak čerpadla
U	[V]	Napätie
I	[A]	Prúd
Q_{\max}	[W]	Maximálna strata tepla
U_d	m^3/rok	Teoretická spotreba tepla pri neprerušovanom vykurovaní
q_c	$\text{kWh}/\text{os. deň}$	tepelný príkon pre prípravu TÚV na os. a deň
i	osoba	počet osôb
n	deň	doba prevádzky počas roka
Q_d	$\text{kWh}/\text{deň}$	Spotreba tepla na prípravu TÚV na deň
η_K	-	účinnosť kotla a zásobníkového ohrievača
$U_{t\check{s}v}$	m^3/rok	Ročná spotreba zemného plynu na prípravu TÚV

Zoznam použitej literatúry a doporučenej literatúry

[1], [6], [7] - ČO TREBA VEDIEŤ O TEPELNÝCH ČERPADLÁCH, [cit.23.5.2011].

Dostupné z: http://www.szchkt.org/tepelne_cerpadla/HPumps.htm#_Toc34983619

[2] - CHLADIČE A PŘÍSLUŠENSTVÍ [cit.23.5.2011]. Dostupné z:

<http://www.mjauto.cz/chladice.htm>

[3] - Las Vegas NV Air Conditioning Compressor, [cit.23.5.2011]. Dostupné z:

<http://lasvegasnvairconditioning.com/about/las-vegas-nv-air-conditioning-compressor/>

[4] - Evaporator and Condenser, [cit.23.5.2011]. Dostupné z:

<http://ryan86574.en.made-in-china.com/product/dbMQiNDIfPcI/China-Evaporator-and-Condenser.html>

[5] - ventil škrtiaci, [cit.23.5.2011]. Dostupné z:

<http://www.hydroma.sk/ventil-skrtiaci-patrona-16593.html>

[8],[9],[11] – Energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla, [cit.23.5.2011].

Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/de/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geothermalni->

[10] -ENGTECH, [cit.23.5.2011]. Dostupné z: <http://www.engetech.sk/tepelnercerpadla.html>

[12] - heat pump + solar energy, [cit.23.5.2011]. Dostupné z:

<http://www.ciat.com/rubrique/index/eng-individual-housing-our-assets-our-solutions-heat-pump+-solar-energy/437>

[13] - prepočítavacia kalkulačka spp,[cit.23.5.2011].Dostupné z :

<http://www.spp.sk/zakaznici/domacnosti/ceny-a-zmluvne-produkty/kalkulacka-na-vypocet-zalohovych-platieb/>

www.tzb.cz

Technická správa pre tepelné čerpadlo

Zoznam príloh

Licenční zmlouva